

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平3-286532

⑬ Int.Cl.⁹

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)12月17日

H 01 L 21/318
C 23 C 16/34
16/50
16/52

B 6940-4M
8722-4K
8722-4K
8722-4K

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全6頁)

⑮ 発明の名称 プラズマCVD装置におけるパッシベーション膜の生成方法

⑯ 特 願 平2-88929

⑰ 出 願 平2(1990)4月3日

⑱ 発 明 者 大 山 勝 美 東京都千代田区大手町2丁目6番2号 日立電子エンジニアリング株式会社内

⑲ 発 明 者 引 間 仁 東京都千代田区大手町2丁目6番2号 日立電子エンジニアリング株式会社内

⑳ 出 願 人 日立電子エンジニアリング株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番2号

㉑ 代 理 人 弁理士 梶山 信 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

プラズマCVD装置におけるパッシベーション膜の生成方法

2. 特許請求の範囲

(1) プラズマCVD装置による、シリコンウエハに形成されたシリコン酸化膜およびアルミニウム配線に対する窒化シリコン(Si₃N₄)のパッシベーション膜の生成において、該プラズマCVD装置に対して、該パッシベーション膜の生成速度および膜質に対応した、反応ガス系と高周波電源の周波数の第1の組み合わせ(SiH₄-N₂、50kHz)、または第2の組み合わせ(SiH₄-NH₃、50kHz)、または第3の組み合わせ(SiH₄-NH₃、13.56MHz)のいずれかを設定して反応プロセスを行い、上記パッシベーション膜の内部応力による上記アルミニウム配線の劣化に対して、上記各反応ガス系の反応パラメータの要素の生成温度、生成圧力およびガス流量を適切に制御し、該劣化を防止する

上記内部応力を有する上記パッシベーション膜を生成することを特徴とする、プラズマCVD装置におけるパッシベーション膜の生成方法。

(2) 上記反応ガス系と高周波電源の周波数の第1、第2および第3の組み合わせの順に、上記パッシベーション膜の上記生成速度の遅～速と、上記膜質の緻密性の高～低、および水素含有量の少～多が対応する相関性により、上記第1、第2および第3の組み合わせのいずれかを選択して設定する、請求項1記載のプラズマCVD装置におけるパッシベーション膜の生成方法。

(3) 上記パッシベーション膜の内部応力の強～弱に対応する、上記反応パラメータの要素の生成温度の高～低と、生成圧力およびガス流量の大～小の相関性により、該パラメータの各要素をそれぞれ制御する、請求項1または2記載のプラズマCVD装置におけるパッシベーション膜の生成方法。

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

この発明は、プラズマCVD装置におけるパ

パッシベーション膜の生成方法に関し、詳しくはパッシベーション膜の内部応力によるアルミニウム配線の劣化を防止し、かつ、生産性を考慮して可及的に良好な膜質をうる方法である。

〔従来の技術〕

半導体ICデバイスの製造には、シリコンウエハの表面に薄膜を生成するプロセスがある。

第5図は薄膜が形成されたシリコンウエハ1の基本構造の1例を示す。シリコンのサブストレート1aの表面に対してまず、シリコン酸化膜1bが形成され、これをエッチングして所定のパターン化される。次にアルミニウム配線1cが、シリコン酸化膜1bのギャップを通してサブストレート1aのp層とn層にそれぞれ接続され、これが外部に接続される。ついで、シリコン酸化膜1bとアルミニウム配線1cの表面に対してパッシベーション膜1dが形成されてこれらが保護される。パッシベーション膜としては、窒化シリコン(Si_3N_4)が良好な性能を有するものとして、特許公開「63-184340号、半導体装置」が

開示され実用化されている。

一般に薄膜の生成方法には化学的気相成長法(CVD)が使用されているが、最近においては、従来の常圧CVD装置に比較して低温度で反応プロセスが可能などの特長があるプラズマCVD装置が開発されている。

第8図はプラズマCVD装置2の基本構成の断面を示す。反応炉2aの内部に設けられた試料台2bに被処理のサブストレート1aが載置され、ヒーター2cにより加熱される。試料台2bの上方にシャワー電極2dを設け、インレット2eより反応ガスを圧入し、シャワー電極2dに設けられた多数の小穴より噴射する。噴射された反応ガスに対して、シャワー電極2dと試料台2bの間に電源2fより高周波電力を加えてプラズマ化する。プラズマ化された反応ガスの原子または電子のエネルギーは、温度により動起される場合より高くして反応し易いので、比較的低温で有効な反応プロセスがなされるものである。

〔解決しようとする課題〕

上記により形成されたパッシベーション膜1dには内部応力が発生し、これに密着したアルミニウム配線1cに対して圧力が加わる。最近においては、ICデバイスの集積度の向上に伴ってアルミニウム配線1cが非常に細線化されているので、この内部応力が大きいときはボイドと称する劣化現象が生ずる。従ってこの内部応力をなんらかの方法により低減することが必要である。ただし、膜質が可及的に良質であることが条件付けられる。しかしながら、生産性の観点から見た場合、生成条件による内部応力と膜質に関して公表された論文または資料は見当たらない。これに対して、この発明の発明者により、窒化シリコンのパッシベーション膜の内部応力、膜質について、生産性の立場に立って実験計画法の手法により組織的に実験が行われた。

以上の実験においてはパッシベーション膜の生成方法として、モノシラン(SiH_4) + 窒素ガス(N_2)のガス系と、またはモノシラン + アンモニア(NH_3)のガス系を用い、また高周波電

源の周波数として比較的低周波の50kHzと、または比較的高周波の13.56MHzとが適当に組合わされて使用された。その結果によると、窒化シリコン膜の内部応力の特性は、反応プロセスにおける生成温度、生成圧力およびガス流量などの反応パラメータに依存し、その相関性が見出された。従って反応パラメータを制御することにより、ある程度の範囲内について所望の内部応力をうることが可能である。同時にそれぞれの方法は、生成されたパッシベーション膜の緻密性と水素含有量による膜質や、生成速度に対して明確な相関性があることが判明した。生成速度は直接、生産性に影響するので、これらを勘案してアルミニウム配線を劣化せず、可及的に良質で生産性の高いパッシベーション膜を生成する方法が必要であり、これは可能と考えられる。

この発明は以上に鑑みてなされたもので、プラズマCVD装置に対して、上記の諸条件を満たすパッシベーション膜を生成する方法を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

この発明は、プラズマCVD装置による、シリコンウエハに形成されたシリコン酸化膜およびアルミニウム配線に対する窒化シリコン(Si_3N_4)のパッシベーション膜の生成方法である。プラズマCVD装置に対して、パッシベーション膜の生成速度および膜質に対応した、反応ガス系と高周波電源の周波数の第1の組み合わせ($\text{SiH}_4 - \text{N}_2$ 、50kHz)、または第2の組み合わせ($\text{SiH}_4 - \text{NH}_3$ 、50kHz)、または第3の組み合わせ($\text{SiH}_4 - \text{NH}_3$ 、13.56MHz)のいずれかを設定して反応プロセスを行う。パッシベーション膜の内部応力によるアルミニウム配線の劣化に対して、各反応ガス系の反応パラメータの要素の生成温度、生成圧力およびガス流量を適切に制御してアルミニウム配線の劣化を防止する内部応力を有するパッシベーション膜を生成する。

上記において、反応ガス系と高周波電源の周波数の第1、第2および第3の組み合わせの順に、

NH_3 、50kHz)および第3の組み合わせ($\text{SiH}_4 - \text{NH}_3$ 、13.56MHz)には、この順に従った生成速度の遅～速と、膜質の緻密性の高～低および水素含有量の少～多が対応する相関性があるので、アルミニウム配線の太さが細い場合に対しては、生成速度が遅いことを許容して第1の組み合わせにより、高い緻密性と少ない水素含有量の膜質がえられる。またこの反対に、配線が太い場合に対しては生成速度の速い第3の組み合わせにより生産性を向上する。ただし、この場合は緻密性と水素含有量がやや低下しても要求条件が満たされるものとする。さらに、配線の太さが上記の中間の場合においては、第2の組み合わせをとって中程度の生成速度、緻密性および水素含有量のパッシベーション膜が生成される。このように、ICデバイスの要求条件に応じて、アルミニウム配線の劣化を防止し、これに見合った生産性と可及的に良質なパッシベーション膜が生成されるものである。

【実施例】

パッシベーション膜の生成速度の遅～速と、膜質の緻密性の高～低、および水素含有量の少～多が対応する相関性により、第1、第2および第3の組み合わせのいずれかを選択して設定する。

また、上記のパッシベーション膜の内部応力の強～弱に対応する、反応パラメータの要素の生成温度の高～低と、生成圧力およびガス流量の大～小の相関性により、反応パラメータの各要素をそれぞれ制御するものである。

【作用】

上記のパッシベーション膜の生成方法においては、シリコンウエハに形成されたアルミニウム配線の太さに対応して反応パラメータが制御され、太さが細い場合は内部応力が小さくされ、反対に配線の太さが大きい場合は内部応力を大きくする。いずれの場合もアルミニウム配線の劣化が回避されるとともに、可及的に良質のパッシベーション膜がえられる。ここで、反応ガス系と高周波電源の周波数の第1の組み合わせ($\text{SiH}_4 - \text{N}_2$ 、50kHz)と、第2の組み合わせ($\text{SiH}_4 -$

第1図、第2図および第3図は、この発明によるプラズマCVD装置におけるパッシベーション膜の生成方法の基礎となる実験データを示す。各図において、反応ガス系と高周波電源の周波数の第1の組み合わせ($\text{SiH}_4 - \text{N}_2$ 、50kHz)を○印で、第2の組み合わせ($\text{SiH}_4 - \text{NH}_3$ 、50kHz)を△印で、また第3の組み合わせ($\text{SiH}_4 - \text{NH}_3$ 、13.56MHz)を□印で示す。なお、各図の縦軸の内部応力sは、相手側の受ける力により圧縮応力と引っ張り応力に定義され、圧縮応力はウエハに圧縮力を及ぼし-符号とし、引っ張り応力は引っ張り力を及ぼし+符号で表されている。

第1図(a)は生成温度tに対する内部応力sの関係を示し、第1と第2の組み合わせは、tが $\sim 200^\circ\text{C}$ 以下ではs(絶対値、以下同じ)がかなり小さく、tがこれを越えると増加する。これに対して第3の組み合わせはtに拘らずsが比較的小さい。図(b)は生成圧力pに対する内部応力sを示し、第1と第3ではpが ~ 1.0 (T_o

r 以下で s が小さく、これ以上で急激または漸次に大きくなる。図(c)は反応ガス(SiH_4)の流量 q に対する内部応力 s を示し、3者ともに q が ~ 50 (SCCM)以下で s が小さく、これを越えると第1は急激に増大し、第2と第3は漸増する。以上により、第1の組み合わせは、 s の変化が概ね急激であるが、しかし単純であるので制御し易い。また第3は反応パラメータに大きく依存しないこと、第2の変化には単純でないものがあることなどが判明する。

次に、第2図(a)は、エッチレート r に対する内部応力 s を示す。ここでエッチレート r は、生成された膜を適当な方法でエッチングしたときのエッチング速度を表すもので、 r が小さいほど緻密性が高く、かつ良質とされる。図によると、 s のある範囲内では第1の組み合わせが緻密性が最も高く、第2と第3は順次に低くなることが判る。図(b)は水素含有量 Q に対する内部応力 s を示す。 Q が小さいほど良質とされ、従って第1が最も良質で、第2、第3の順序に低下することが明瞭

に観察される。

次に膜の生成速度 v のデータを第3図に示す。第1の組み合わせは、 s の広い範囲で v が $300 \sim 850$ (オングストローム/min)の範囲に集中しており、 s が小さいほど v が大きいとその偏差は小さい。第2と第3では s と v の関係はランダムに近く、第1に比較して v が大きい場合が多い。

以上の実験データを集約するが、これより数値的な相関関係を得ることは困難である。そこで各要素の傾向の相関性を表として第4図(a),(b)に示す。図(a)は反応ガス系と周波数の第1、第2および第3の組み合わせを生成方法とする膜の生成状態を示し、各生成方法に対して生成速度 v の遅～速、緻密性 d の高～低、および水素含有量 Q の少～多が対応している。図(b)は、反応パラメータの生成温度 t 、生成圧力 p およびガス流量 q の変化に対する内部応力 s の相関性を示すもので前記に説明したところと同様である。

パッシベーション膜の生成においては、上記の

相関性と実験データを利用する。まず、アルミニウム配線の太さが細く、かつ良質な膜を必要とするICデバイスに対しては、第1の組み合わせをとり、第1図(a),(b)および(c)に従って反応パラメータ(t , p , q)を制御して内部応力 s がアルミニウム配線を劣化しない小さい値とする。この場合、第2図(a),(b)により、緻密性 d が高く水素含有量 Q が少ない膜がえられる。ただし、生成速度が遅いので生産性が低い点はやむをえない。これと反対に、アルミニウム配線が太く、かつ膜質よりむしろ生産性が重要な場合は、生成速度 v が最も速い第3の組み合わせをとり、反応パラメータを制御して適切な内部応力 s とする。この場合は膜質は概ね最下位となる。またこれらの中間に対しては、第2の組み合わせをとることにより、相当する生成状態がえられる。

【発明の効果】

以上の説明により明らかなように、この発明によるパッシベーション膜の生成方法においては、プラズマCVD装置に対して、反応ガス系と高周

波電源の周波数の3種類の組み合わせに対する実験が行われ、えられたデータの解析により、反応ガスの生成温度、生成圧力およびガス流量に対するパッシベーション膜の内部応力の相関性と、3種類の組み合わせに対する生成膜の緻密性および水素含有量の相関性が詳細に知見され、これに基づいて反応パラメータの制御により内部応力を適切な値としてアルミニウム配線の劣化が防止されるとともに、膜質をより重要視する場合、または生産性をより重要視する場合、またはそれらの中間の場合に対して、反応ガス系と高周波電源の周波数の3種類の組み合わせのいずれか適切なものをもって要求条件を満足するもので、パッシベーション膜の合理的な生成方法を提供する効果には大きいものがある。

4. 図面の簡単な説明

第1図(a),(b),(c)、第2図(a),(b)、および第3図は、この発明によるプラズマCVD装置におけるパッシベーション膜の生成方法の基礎となる実験データを示す図、第4図(a)および(b)は、

生成方法と生成状態の相関表および反応パラメータの条件と膜の内部応力の相関表の説明図、第5図は、薄膜が形成されたシリコンウエハの基本構造の1例を示す断面図、第6図はプラズマCVD装置の断面図である。

1…シリコンウエハ、 1a…サブストレート、
1b…シリコン酸化膜、
1c…アルミニウム配線、
1d…パッシベーション膜、
2…プラズマCVD装置、2a…反応炉、
2b…試料台、 2c…ヒーター、
2d…シャワー電極、 2e…インレット、
2f…電源、
s…内部応力、 t…生成温度、
p…生成圧力、 q…ガス流量、
r…エッチレート、 QH…水素含有量、
v…生成速度。

第4図

(a)

生成方法と生成状態の相関表

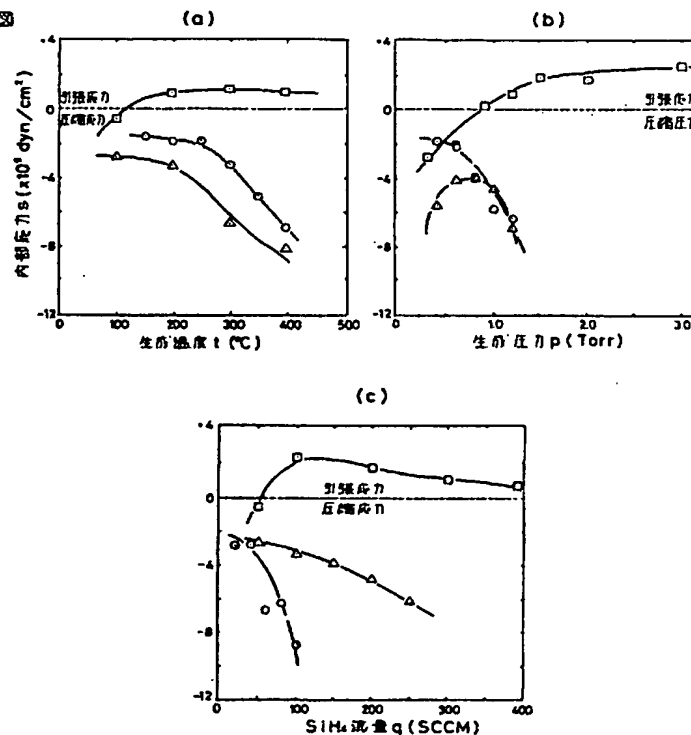
生成方法	組合せ	※1	※2	※3
	ガス系	$\text{SiH}_4 + \text{N}_2$	$\text{SiH}_4 + \text{NH}_3$	$\text{SiH}_4 + \text{NH}_3$
生成状態	周波数 KHz	50	50	13.560
	生成速度 v	遅	中	速
	緻密性 d	高	中	低
	水素含有量 QH	少	中	多

(b)

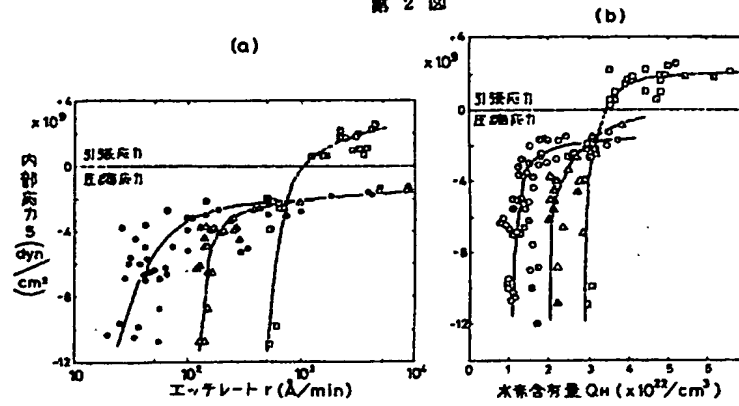
反応パラメータと内部応力sの相関表

反応パラメータ	生成温度 t	高 → 低
	生成圧力 p	大 → 小
	ガス流量 q	大 → 小
	内部応力 s	強 → 弱

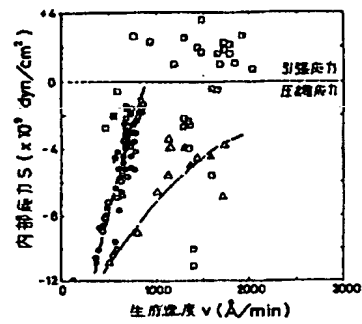
第1図



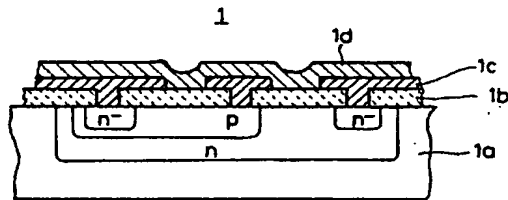
第2図



第3図



第5図



第6図

